

## PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH BREM SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF DENGAN ADSORBEN BATUAN ZEOLIT

**Sinta Putri Anisa**

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: sinta.17050524010@mhs.unesa.ac.id

**Muhaji**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: muhaji61@unesa.ac.id

### Abstrak

Sektor transportasi merupakan pengguna Bahan Bakar Minyak (BBM) terbesar sekitar 82,9%. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan sumber bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik bioetanol dari limbah brem. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Dengan bahan baku limbah brem 250 gram, volume air 1500 ml, ragi 10 gram, fermentasi 5 hari, dan variasi mesh zeolit (70, 80, dan 90). Pembuatan bioetanol dimulai dari menyiapkan bahan baku limbah brem, sakarifikasi, fermentasi, dan distilasi. Proses distilasi dilakukan bertingkat 4 kali, pada distilasi ketiga dan keempat dilakukan dengan variasi ukuran mesh batu zeolit (70, 80, dan 90). Pengujian karakteristik bioetanol mengacu standar ASTM (kadar etanol ASTM D5501, kadar metanol ASTM D5501, kadar air ASTM D1744, kadar tembaga ASTM D1688, keasaman sebagai asam asetat ASTM D1613, tampakan, kadar ion klorida ASTM D1613, kadar belerang ASTM D2662, kadar getah ASTM D381, nilai kalor ASTM D240, titik nyala ASTM D93, titik tuang ASTM D1177, densitas ASTM D1298, dan viskositas ASTM D445). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan ukuran mesh 70 dapat meningkatkan kadar etanol hingga 99,62%. Hasil pengujian karakteristik bioetanol limbah brem dengan kadar 99,62% bioetanol, 0,31% metanol, 0,36% air, 6,15% denaturan benzoat, 0,03 mg/l tembaga, 11,50 mg/l keasaman sebagai asam asetat, tampakan jernih tak berwarna, 3,55 mg/l ion klorida, 21,4 mg/l belerang, 1,10 mg/100ml kadar getah, titik nyala 20,90°C, titik tuang -38,50°C, nilai kalor 6395,50 kkal/kg, densitas 0,796 g/cm<sup>3</sup>, viskositas 1,16 CP. Terdapat 1 karakteristik yang sedikit melebihi standar yaitu densitas. Dan karakteristik lainnya telah memenuhi standar Keputusan Direktorat Jenderal EBTKE Nomor 722K/10/DJE/2013.

**Kata kunci:** limbah brem, sakarifikasi, fermentasi, distilasi, bioetanol.

### Abstract

*The transportation sector is the largest user of fuel oil (BBM) at around 82.9%. To overcome this, an alternative, renewable and environmentally friendly fuel source is needed. The purpose of this study was to determine the characteristics of bioethanol from brem waste. This research is using experimental method. With raw materials of 250 grams of brem waste, 1500 ml of water volume, 10 grams of yeast, 5 days of fermentation, and zeolite mesh variations (70, 80, and 90). The production of bioethanol starts with preparing raw materials for brem waste, saccharification, fermentation, and distillation. The distillation process was carried out in 4 stages, the third and fourth distillations were carried out with variations in the size of the zeolite mesh (70, 80, and 90). The test for bioethanol characteristics refers to ASTM standards (ASTM D5501 ethanol content, ASTM D5501 methanol content, ASTM D1744 moisture content, ASTM D1688 copper content, acidity as ASTM D1613 acetic acid, appearance, ASTM D1613 chloride ion content, ASTM D2662 sulfur content, gum content ASTM D381, ASTM D240 heating value, ASTM D93 flash point, ASTM D1177 pour point, ASTM D1298 density and ASTM D445 viscosity). The results of this study indicate that a mesh size of 70 can increase the ethanol content up to 99.62%. The results of testing the bioethanol characteristics of brem waste with levels of 99.62% bioethanol, 0.31% methanol, 0.36% water, 6.15% with benzoate, 0.03 mg/l copper, 11.50 mg/l acidity as acid acetate, clear colorless appearance, 3.55 mg l chloride ion, 21.4 mg/l sulfur, 1.10 mg/100ml sap content, flash point 20.90°C, pour point -38.50°C, calorific value 6395.50 kcal/kg, density 0.796 g/cm<sup>3</sup>, viscosity 1.16 CP. There is 1 characteristic that slightly exceeds the standard, namely density. And other characteristics have met the standards of the Decree of the Directorate General of EBTKE Number 722K/10/DJE/2013.*

**Key words:** Brem waste, saccharification, fermentation, distillation, zeolite

## PENDAHULUAN

Sektor transportasi merupakan pengguna Bahan Bakar Minyak (BBM) terbesar yaitu sekitar 82,9%. Sumbangan sektor transportasi tersebut terhadap peningkatan konsumsi BBM terutama transportasi darat hingga sebesar 5% per tahun, seiring dengan laju pertumbuhan kendaraan bermotor yang cukup signifikan yaitu sekitar 11,5% per tahun (Kementrian Energi dan Sumber Daya Alam, 2017).

Tingginya jumlah kendaraan bermotor menyebabkan tingginya perminatan bahan bakar minyak. Hal itu tidak sebanding dengan ketersediaan minyak bumi yang semakin menipis. Selain itu, emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor tersebut tentu juga sangat tinggi dan dapat mengganggu kesehatan manusia dan juga lingkungan alam. Emisi tersebut seperti CO, HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, Pb, dan partikel halus lainnya.

Oleh sebab itu, diperlukan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan untuk mengganti BBM. Salah satu jenis energi alternatif yang dapat digunakan adalah bioetanol. Bioetanol dapat diproduksi menggunakan bahan baku dari sumber daya alam bahkan limbah yang jarang dimanfaatkan seperti limbah brem, limbah pabrik gula, limbah ledre, dll. Bioetanol juga bisa didapat dari tanaman seperti tebu, jagung, gandum, singkong, padi, lobak, gandum hitam, dll.

Desa Kaliabu, Kecamatan Mejayan, Kabupaten Madiun merupakan desa penghasil brem terbesar dan terkenal di Kabupaten Madiun. Limbah yang dihasilkan oleh rumah-rumah produksi brem ini dapat mencapai hampir 2 ton setiap bulannya. Limbah brem masih mengandung komposisi kimia dengan jumlah yang cukup banyak terutama karbohidrat, yang berpotensi dijadikan bahan baku dalam pembuatan bioetanol. Selama ini limbah tersebut hanya dimanfaatkan untuk ransum ternak bahkan dibuang sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran tanah atau air.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia per 100 gram Limbah Brem

No.	Komposisi	Kandungan
1	Karbohidrat	14,7% *
2	Pati	13,25% *
3	Air	16% **
4	Total asam	15% ***
5	Lemak	0,11% ***
6	Protein	9,5% ***
7	Karbodioksida (CO <sub>2</sub> )	19,5% ***
8	Padatan terlarut	1,34% ***
9	Serat pangan	10,6% ***

Keterangan:

\* : Balai Riset dan Standarisasi Industri Surabaya

\*\* : Lab. Bahan Bakar Pelumas

\*\*\* : Winarto et al. (1982)

Pada penelitian ini menggunakan limbah brem yang di fermentasi pada kondisi anaerob. Perbandingan berat limbah brem, volume air, berat ragi, dan lama fermentasi ditentukan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Purwasih (2017) yaitu hasil terbaik dengan berat limbah brem 250 gram, volume air 1500 ml, berat ragi 10 gram, dan lama fermentasi 5 hari.

Selain menggunakan ragi dalam proses fermentasi juga menggunakan pupuk urea sebanyak 15 gram. Berat pupuk urea ditentukan berdasarkan penelitian Khasanah (2020) yaitu pembuatan bioetanol dari umbi ganyong.

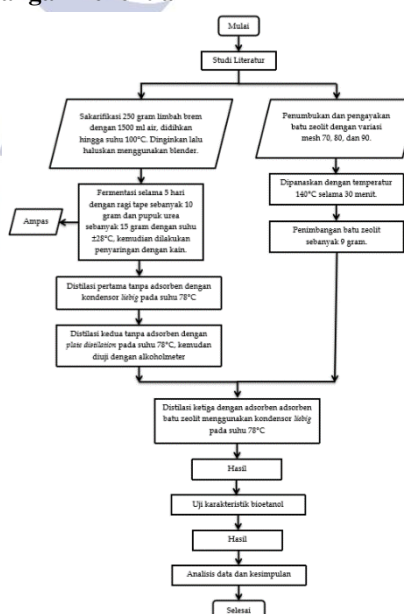
Setelah difermentasi, cairan hasil fermentasi di distilasi. distilasi dilakukan untuk memisahkan alkohol dengan air dengan memperhitungkan perbedaan titik didih kedua bahan tersebut yang kemudian diembunkan kembali. Pada dasarnya adalah 78°C sedangkan air memiliki titik didih 100°C sehingga pada proses distilasi tersebut bioetanol akan terlebih dahulu menguap dibandingkan air.

Proses distilasi dilakukan berkali-kali untuk meningkatkan kadar etanol hingga memenuhi standar. Pada distilasi ketiga mulai ditambahkan batu zeolit sebanyak 9 gram dengan mesh 70, 80, dan 90 sebagai adsorben agar kadar etanol yang dihasilkan lebih optimal.

Tujuan penelitian ini—untuk mengetahui keberhasilan alat distilasi menggunakan adsorben batu zeolit mesh 70, 80, 90, untuk mengetahui % *Yield* pada tiap proses distilasi, serta untuk mengetahui karakteristik bioetanol limbah brem berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal EBTKE Nomor 722K/10/DJE/2013.

## METODE PENELITIAN

### ➤ Rancangan Penelitian



**Gambar 1.** Rancangan Penelitian

## Tempat dan Waktu Penelitian

### ➤ Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Pengujian karakteristik bioetanol dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya dan Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya.

### ➤ Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan setelah proposal skripsi disetujui, memerlukan waktu antara bulan Agustus–Desember 2020.

## Variabel Penelitian

Variable penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

### ➤ Variabel Bebas

Varabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi ukuran batu zeolit dengan mesh 70, 80, dan 90.

### ➤ Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah prosentase kadar ethanol yang dihasilkan dengan variasi mesh batu zeolit.

### ➤ Variabel Kontrol

Variable kontrol penelitian ini adalah bahan baku biotanol yaitu limbah brem 250 gram, adsorben yang digunakan yaitu batu zeolit dengan suhu pemanasan 140°C selama 30 menit, proses sakarifikasi pada suhu 100°C, perbandingan limbah brem dengan air 1 : 6, proses fermentasi selama 5 hari dengan suhu  $\pm 30^\circ\text{C}$  menggunakan ragi jenis *saccharomyces cerevisiae*, dan suhu distilasi 78°C.

## Bahan, Alat, dan Instrumen Penelitian

### ➤ Bahan Penelitian

- Limbah Brem



Gambar 2. Limbah Brem

- Ragi Tape *Saccharomyces Cerevisiae*



Gambar 3. Ragi Tape Merk "NKL"

- Batu zeolit



Gambar 4. Batu Zeolit

- Pupuk urea Merk "Urea Indonesia"
- Air

### ➤ Alat Penelitian

- Jirigen sebagai tempat fermentasi
- Kompor listrik sebagai sumber pemanas distilasi
- Panci sebagai wadah mendidihkan limbah brem.
- Selang air untuk mengalirkan air dingin pada pipa luar kondensor sebagai media kondensasi.
- Pompa untuk memompa atau mensirkulasikan air
- Statif dan klem sebagai penyangga kondensor
- Wadah penampung air sebagai wadah air yang disirkulasikan pada kondensor
- Botol untuk menampung cairan hasil fermentasi dan sebagai wadah penyimpanan hasil distilasi.
- Labu distilasi digunakan sebagai wadah cairan pada saat proses distilasi



Gambar 5. Labu Distilasi Kapasitas 1 Liter

- *Bend connector* digunakan sebagai alat bantu penghubung saluran uap bioetanol dari labu distilasi masuk ke kondensor.



Gambar 6. Bend Connector

- Kondensor digunakan untuk mengembunkan uap distilasi hingga menjadi cair.



Gambar 7. Condensor Liebig

- Labu *erlenmeyer* untuk menampung cairan hasil distilasi.



Gambar 8. Labu Erlenmeyer

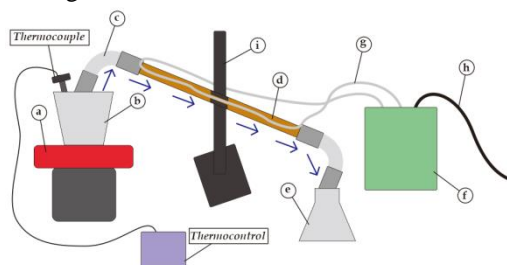


- *Filter crucible* digunakan sebagai wadah adsorben saat proses distilasi menggunakan adsorben



**Gambar 9.** *Filter Crucible*

- Rangkaian Alat Distilasi



**Gambar 10.** Rangkaian Alat Distilasi

Keterangan:

- Kompor listrik berdaya 600 watt
- Labu distilasi kapasitas 1000 ml
- Bend Connector*
- Condensor liebig*
- Erlenmeyer* 250 ml
- Wadah penampung air
- Selang air
- Pompa aquarium
- Statif dan klem

➤ Instrumen Penelitian

- Timbangan digital merk ACIS, kapasitas 5000 gr, ketelitian 0,01 gr



**Gambar 11.** Timbangan Digital

- Thermocontrol untuk mengontrol suhu pada proses didistilasi agar tetap terjaga 78° C. Thermocontrol tersebut disertai dengan thermocouple sebagai sensor pendeteksi suhu.



**Gambar 12.** *Thermocontrol*

- Gelas Beaker Merk Iwaki



**Gambar 13.** Gelas Beaker

- Gelas Ukur Merk Iwaki



**Gambar 14.** Gelas Ukur

- Alkoholmeter untuk mengukur kadar etanol



**Gambar 15.** Alkoholmeter

- *Spectrometry* (ASTM D 5501) uji kadar metanol
- *Coulometric Karl Fischer Titration* (ASTM D 1744) uji kadar air
- *Thin Liquid Chromatography* (ASTM D 7304) uji kadar denaturan
- *Atomic Absorption Spectrophotometry* (ASTM D 1688) uji kadar tembaga
- *Potentiometric Titration* (ASTM D 1613) uji keasaman sebagai asam asetat
- *Spektrofotometer* (ASTM D 512) uji kadar ion klorida
- *Spectrometry* (ASTM D 2622) uji kadar belerang
- *Jet Evaporation* (ASTM D 381) uji kadar getah
- *Bomb Calorimeter* (ASTM D 240) uji nilai kalor
- *Line High Term* UKM-135 (ASTM D 93) uji titik nyala
- Refrigerator SR-N21H (ASTM D 1177) uji titik tuang
- Piknometer (ASTM D 1298) uji densitas
- Viskosimeter (ASTM D 445) uji viskositas

**Prosedur Penelitian**

➤ Tahap Persiapan

- Mengumpulkan bahan baku seperti limbah brem, ragi, urea, dan air.
- Menyiapkan alat dan instrumen penelitian .
- Menimbang berat limbah brem, ragi, dan urea sesuai variasi.

➤ Tahap Sakarifikasi

- Mendidihkan limbah brem sebanyak 250 gr dan air sebanyak 1500 ml

➤ Setelah mendidih limbah dipindahkan ke ember plastik hingga dingin kemudian dihaluskan menggunakan *blender*.

➤ Tahap Fermentasi

- Menyiapkan jirigen untuk proses fermentasi.
- Memasukkan limbah brem yang sudah diblender ke dalam jirigen dengan penambahan ragi 10 gram dan urea 15 gram dalam waktu 5 hari.
- Setelah fermentasi selama 5 hari, cairan limbah brem hasil fermentasi disaring untuk memisahkan ampas dengan cairannya, kemudian untuk cairannya dilakukan proses distilasi.

➤ Tahap Distilasi

- Menyiapkan labu distilasi kapasitas 1000 ml yang telah dipasang *thermocouple* dan hasilnya ditampung dalam *erlenmeyer* kapasitas 250 ml.
- Memasang *condensor liebig*, selang *in* dan *out* serta *bend connector* dengan *grease* supaya tidak ada udara yang masuk.
- Memasukkan cairan hasil fermentasi ke dalam labu distilasi.
- Mengatur suhu 78°C pada *thermocontrol* sesuai titik didih bioetanol.
- Setelah didapatkan hasil distilasi 60-70 ml baru bisa dilakukan pengukuran kadar bioetanol menggunakan alkoholmeter.
- Langkah selanjutnya yaitu melakukan distilasi ke II menggunakan *plate distillation* skala besar dengan mengumpulkan hasil distilasi ke I yang sudah dilakukan sebelumnya sehingga diperoleh cairan sekitar 2 liter yang kadarnya 18%, kemudian dilanjutkan pada distilasi untuk memperoleh kadar bioetanol diatas 47%.
- Selanjutnya hasil dari distilasi ke II dikumpulkan dan dilakukan proses distilasi ke III dengan *condensor liebig* dengan penambahan adsorben batu zeolit dn variasi mesh 70, 80, dan 90 sampai mencapai kadar sekitar 82-88%.
- Hasil ukuran mesh batu zeolit yang menghasilkan kadar terbaik digunakan untuk proses distilasi selanjutnya hingga mencapai kadar etanol ≥99,5%.

### Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan teknik eksperimen dengan melakukan percobaan terhadap objek yang akan diteliti kemudian dilakukan pengujian sehingga diperoleh data-data yang diperlukan. Data yang diperlukan yaitu perbandingan variasi ukuran partikel mesh adsorben batu zeolit terbaik agar mencapai kadar bioetanol yang optimal. Selain itu data pengujian lain yang diperlukan adalah karakteristik bioetanol seperti kadar bioetanol, kadar metanol, kadar air, kadar denaturan, kadar tembaga, keasaman sebagai asam asetat, tampakan, kadar ion klorida, kandungan

belerang, kadar getah, nilai kalor, titik nyala, titik tuang, densitas, dan viskositas.

### Teknik Analisa Data

Penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif kuantitatif. Metode statistik deskriptif merupakan metode statistik dengan mengumpulkan informasi atau data dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung. Statistik deskriptif menjelaskan cara penyajian data, dari data tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik dengan disertai penjelasan secara distributif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

➤ Proses Distilasi Menggunakan Adsorben

Hasil penelitian ukuran mesh terbaik batu zeolit yaitu sebagai berikut:

**Tabel 2.** Variasi Ukuran Partikel Batu Zeolit terhadap Kadar Bioetanol

No.	Ukuran Partikel (mesh)	Awal	Hasil
		Kadar Etanol (%)	Kadar Etanol (%)
1	70	47	88
2	80	47	85
3	90	47	82

➤ % Yield

Hasil penelitian perhitungan % *Yield* ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 3.** Perhitungan % *Yield* Bioetanol Limbah Brem

Perlakuan Batu Zeolit		Volume Etanol					% Yield (%)
Ukuran Partikel (Mesh)	Temperatur Pemanasan (°C)	Awal (ml)	Hasil (ml)	Sisa di Labu (ml)	Kadar Etanol Awal (%)	Kadar Etanol Akhir (%)	
1	2	3	4	5	6	7	8
Distilasi Kedua (Plate Distillation)							
		2000	600	1400	18	47	78,33
Distilasi Ketiga							
70	140	300	120	175	47	88	74,89
80	140	300	120	160	47	85	72,34
90	140	300	105	110	47	82	61,06
Distilasi Keempat							
70	140	300	205	90	88	99,62	77,36

Keterangan:

$$8 = \frac{4 \times 7}{3 \times 6} \times 100\%$$

### ➤ Kadar Bioetanol Limbah Brem

Peningkatan kadar etanol pada setiap tahap distilasi ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

**Tabel 4.** Kenaikan Kadar Bioetanol Hasil Distilasi Bertingkat

No.	Distilasi ke	Kadar Bioetanol (%)	Banyak Proses Distilasi	Volume Bioetanol (ml)
1	I	18	72	10.800
2	II	47	5	4.600
3	III	88	15	1.800
4	IV	99,62	6	1.230

Banyak distilasi merupakan berapa kali proses distilasi yang diperlukan untuk menghabiskan semua cairan yang akan di distilasi pada tiap tahap distilasi. Karena kapasitas alat distilasi terbatas, maka untuk mendistilasi semua bahan memerlukan bebrapa kali distilasi namun dengan bahan yang sama.

### ➤ Karakteristik Bioetanol Limbah Brem

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik bioetanol limbah brem, dapat diperoleh data dalam tabel berikut:

**Tabel 5.** Hasil Uji Karakteristik Bioetanol Limbah Brem

No	Parameter Uji	Standart Bioetanol	Hasil Uji
1	Kadar etanol	99,5 (setelah didenaturasi dengan <i>denatonium benzoat</i> ), min	99,62% (**)
2	Kadar metanol	0,5%, maks	0,31% (**)
3	Kadar air	0,7%, maks	0,36% (**)
4	Kadar denaturan Denatonium benzoat	4 – 10% mg/l	6,15% (**)
5	Kadar tembaga (Cu)	0,1 mg/l, maks	0,03 mg/l (**)
6	Keasaman sebagai asam asetat	30 mg/l, maks	11,50 mg/l (**)
7	Tampakan	Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran	Jernih-tak berwarna (**)
8	Kadar ion clorida (Cl)	20 mg/l, maks	3,55 mg/l (**)
9	Kandungan belerang (S)	50 mg/l, maks	21,4 mg/l (**)
10	Kadar getah purwa dicuci ( <i>washed gum</i> )	5,0 mg/100ml, maks	1,10 mg/100ml (**)

**Tabel 6.** Hasil Uji Karakteristik Tambahan Bioetanol Limbah Brem

Parameter	Hasil Uji	Spesifikasi Standart
Nilai Kalor	6395,50 kkal/kg (**)	6380 kkal/kg.
Titik Nyala	20,90°C (**)	21,11°C
Titik Tuang	-38,50°C (**)	-17,2°C
Densitas pada 20°C	0,796 g/cm <sup>3</sup> (*)	0,789 g/cm <sup>3</sup>
Viskositas pada 20°C	1,16 CP (**)	1,17 CP

Keterangan :

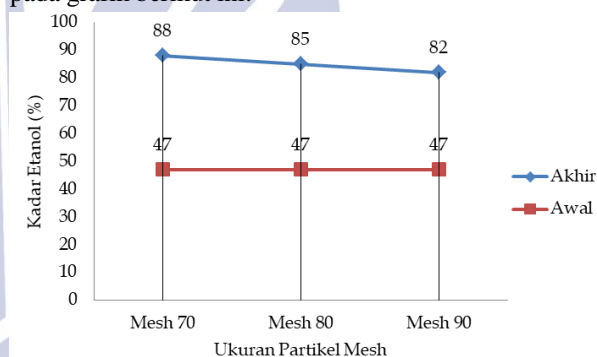
(\*) Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

(\*\*) Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya

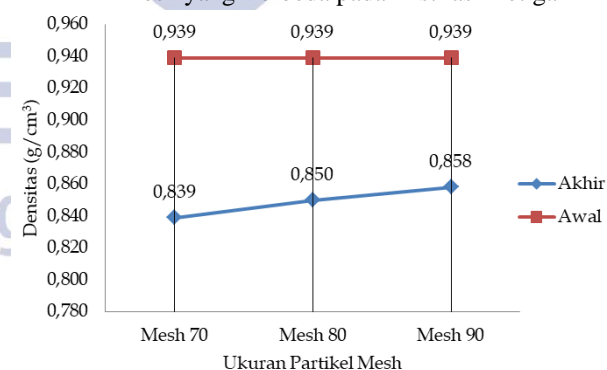
### Pembahasan Hasil Penelitian

#### ➤ Proses Distilasi Menggunakan Adsorben

Berdasarkan tabel 2 diatas dapat disimpulkan seperti pada grafik berikut ini:



**Gambar 16.** Grafik Kadar Etanol Hasil Distilasi dengan Mesh yang Berbeda pada Distilasi Ketiga



**Gambar 17.** Grafik Densitas Etanol Hasil Distilasi dengan Mesh yang Berbeda pada Distilasi Ketiga

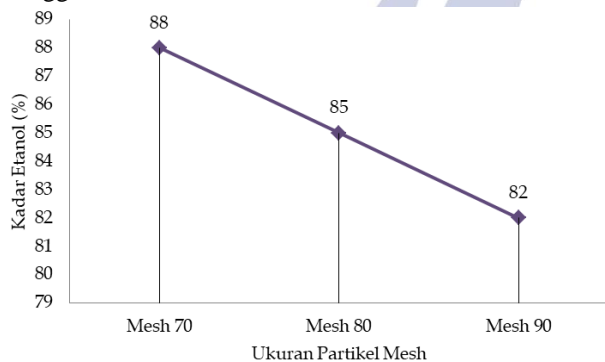
Gambar 16 merupakan grafik kecenderungan dari ukuran partikel batu zeolit terhadap kadar etanol yang dihasilkan dari distilasi. Pada temperatur 140°C nilai tertinggi terjadi pada ukuran mesh 70 yaitu didapat kadar etanol 88% (lihat tabel 2 dan gambar 16). Sedangkan pada mesh 80 dan 90 pada saat proses distilasi menggunakan condensor *liebig* mengalami kebocoran, jadi tidak

disarankan untuk memakai adsorben batu zeolit dengan mesh yang lebih besar atau yang lebih halus dari mesh 80 karena alat akan sering mengalami kebocoran, Jadi pada penelitian ini keberhasilan alat distilasi condensor liebig terbaik yaitu menggunakan adsorben batu zeolit mesh 70.

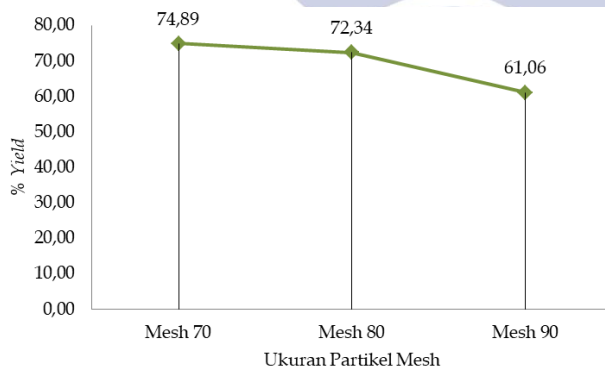
Pada tabel 2 juga menunjukkan semakin tinggi kadar etanol maka semakin rendah kadar densitasnya karena semakin banyak kadar air yang berada dalam etanol. Hal itu terjadi karena kadar densitas air lebih besar daripada densitas etanol. Dan pada gambar 17 menunjukkan semakin kecil ukuran mesh, maka kadar densitas semakin tinggi. Karena pada penelitian ini semakin kecil ukuran mesh maka semakin rendah kadar etanol yang dihasilkan.

#### ➤ % Yield

Berdasarkan tabel 3, berikut merupakan grafik peningkatan kadar etanol dan % yield pada distilasi ketiga menggunakan variasi ukuran mesh adsorben batu zeolit:



**Gambar 18.** Grafik Kadar Etanol Hasil Distilasi dengan Mesh yang Berbeda pada Distilasi

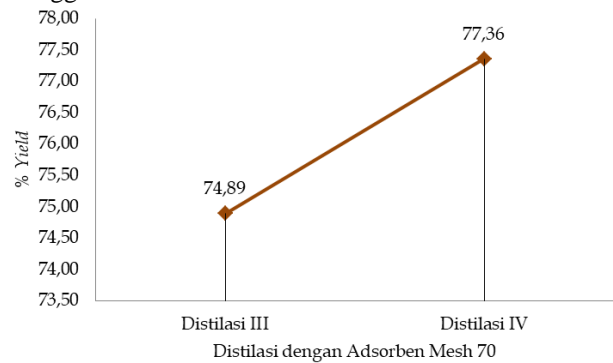


**Gambar 19.** Grafik % Yield pada Distilasi Ketiga Menggunakan Variasi Mesh

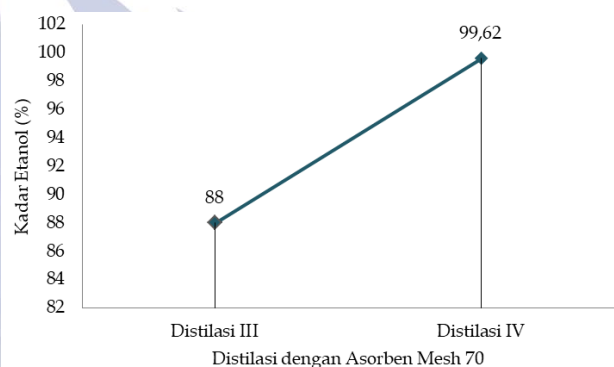
Berdasarkan gambar 18 dan gambar 19 diatas menunjukkan bahwa semakin halus ukuran mesh batu zeolit maka semakin kecil juga kadar bioetanol yang dihasilkan, dan semakin kecil ukuran mesh semakin kecil juga % yield yang dihasilkan.

Berdasarkan tabel 3, gambar 20 dan gambar 21 dibawah ini merupakan grafik peningkatan kadar etanol

dan % yield pada distilasi ketiga dan keempat menggunakan variasi adsorben batu zeolit mesh 70:



**Gambar 20.** Grafik % Yield pada Distilasi Ketiga dan Keempat Menggunakan Mesh 70



**Gambar 21.** Grafik Kadar Etanol pada Distilasi Ketiga dan Keempat Menggunakan Mesh 70

Dapat dilihat dari gambar 20 bahwa pada distilasi ketiga dan keempat menggunakan mesh 70, % yield dari 74,89% menjadi 30,94%. Dan gambar 21 menunjukkan bahwa distilasi ketiga dan keempat menggunakan mesh 70, kadar etanol meningkat dari 88% menjadi 99,62% yang mana kadar ini telah memenuhi standar yaitu 99,5%.

#### ➤ Kadar Bioetanol Limbah Brem

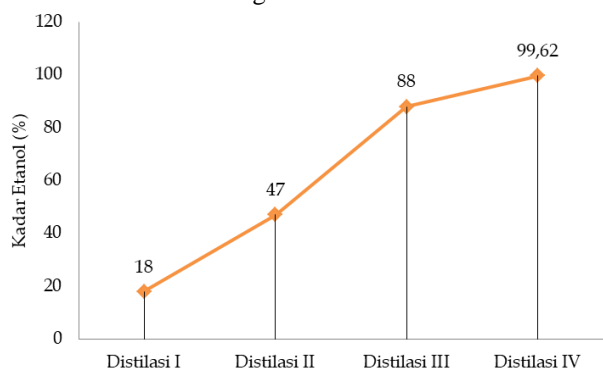
Sekali fermentasi perbandingannya yaitu 250 gram limbah brem:1500 ml air, setelah hasil fermentasi diperas dipisahkan dari ampasnya, satu kali fermentasi didapatkan 1200 ml cairan untuk di distilasi. Pembuatan bioetanol ini menghabiskan 10.000 gram limbah brem, 400 gram ragi tape, dan 600 gram urea untuk menghasilkan 1 liter etanol dengan kadar 99,62%. Dari 10.000 gram limbah brem didapatkan 48.000 ml cairan hasil fermentasi untuk di distilasi tahap pertama.

Kapasitas distilasi menggunakan *condensor liebig* yaitu 1000 ml, sedangkan pada *plate distillation* yaitu 4000 ml. Pada penelitian ini, untuk distilasi pertama menggunakan *condensor liebig* peneliti mengisi labu distilasi dengan volume awal 600 ml, distilasi kedua menggunakan *plate distillation* dengan volume awal 2000 ml, kemudian distilasi ketiga dan keempat menggunakan

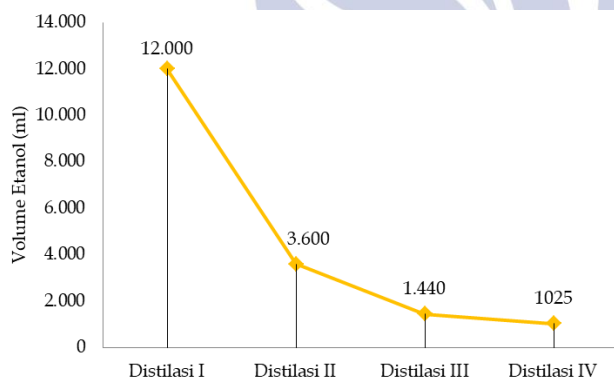


*condensor liebig* dengan volume awal 300 ml. Karena keterbatasan kapasitas tersebut, maka untuk menghabiskan cairan yang akan di distilasi tidak dapat dilakukan satu kali. Sehingga berdasarkan tabel 4.3, dengan bahan awal yang sama pada tiap proses distilasi, perlu dilakukan 80 kali distilasi pertama, 6 kali distilasi kedua, 12 kali distilasi ketiga, dan 5 kali distilasi keempat.

Berdasarkan tabel 4 berikut adalah grafik prosentase kenaikan kadar bioetanol dan jumlah volume bioetanol dari hasil distilasi bertingkat:



**Gambar 22.** Grafik Prosentase Kenaikan Kadar Bioetanol Distilasi Bertingkat



**Gambar 23.** Grafik Prosentase Volume Bioetanol Distilasi Bertingkat

Dari tabel 4, gambar 22, dan gambar 23 di atas dapat diketahui bahwa bahan baku limbah brem sebanyak 10.000 gram dapat menghasilkan bioetanol sebanyak 1025 ml dengan kadar 99,62% yang memerlukan 4 kali proses distilasi.

#### ➤ Analisis Karakteristik Bioetanol Limbah Brem

##### • Kadar Etanol

Pengujian kadar bioetanol ini menggunakan metode AOAC (*Association of Official Analytical Chemist*), diperoleh kadar bioetanol dari limbah brem sebesar 99,62%. Hal ini menunjukkan bahwa bioetanol dari limbah brem telah mencapai standar Dirjen EBTKE No. 722K/10/DJE/2013.

##### • Kadar Metanol

Pengujian ini menggunakan metode Spektrometri. Pada tabel 5 di atas dapat dilihat kadar metanol

sebesar 0,31 %-v dengan standar yang ada yaitu 0,5 %-v, maks. Dibandingkan dengan standar baku mutu bioetanol, kadar metanol dari limbah brem ini lebih rendah sehingga beresiko kecil pada terjadinya korosi dan lebih bagus dalam proses pembakaran bahan bakar.

##### • Kadar Air

Pengujian kadar air menggunakan instrumen *Coulometric Fischer Titration*. Kadar air dalam bahan bakar berpengaruh pada kemudahan bahan bakar untuk menyala, kecepatan proses pembakaran, dan kecepatan penjarangan api. Dari hasil pengujian diketahui bahwa kadar air pada bioetanol limbah brem sebesar 0,36 %-v.

##### • Kadar Denaturan

Denaturan adalah bahan yang sengaja dicampurkan kedalam bioetanol agar tidak layak minum. Dengan catatan bioetanol yang terdenaturasi seharusnya tidak dapat diproses menjadi alkohol layak minum. Pengujian dengan instrumen *Thin Liquid Chromatography* diketahui kadar denaturan dengan denatoriun benzoat adalah 6,15%. Hasil kadar denaturan bioetanol dari limbah brem ini masih didalam rentang yang ditentukan yaitu 4-10%-v, maks.

##### • Kadar Tembaga (Cu)

Kadar tembaga dalam bioetanol muncul dari proses fermentasi sampai proses distilasi yang memakai unit berbahan logam, pada saat proses distilasi dengan suhu tinggi pori-pori logam akan membuka dan secara alami logam dengan ukuran sangat kecil bisa terlarut di dalam etanol itu sendiri. Pengujian dengan instrumen *Atomic Absorbion Spectroscopy*. Pada tabel 5 bisa dilihat bahwa kandungan tembaga sebesar 0,03 mg/l telah memenuhi standar yaitu 0,1 mg/l, maks.

##### • Keasaman sebagai Asam Asetat

Pengujian dengan instrumen *Potentiometric Titration*. Dari tabel 5 bisa dilihat bahwa nilai keasaman sebagai asam asetat bioetanol limbah brem sebesar 11,50 mg/l dan standar yang diacu sebesar 30 mg/l. Sehingga resiko terjadinya korosi pada dinding silinder jika digunakan sebagai bahan bakar motor lebih kecil.

##### • Tampilan

Hasil tampilan yaitu Jernih-Tak Berwarna, dari tampilan bisa dilihat apakah ada kotoran dan endapan dari bahan bakar tersebut. Jika terdapat endapan maka bahan bakar itu memiliki kualitas yang kurang bagus terhadap sistem bahan bakar maupun sistem pembakaran.



- Kadar Ion Klorida (Cl)

Ion klorida bersifat sangat korosif dan dapat menurunkan performa mesin karena ion klorida akan masuk kedalam pori-pori logam dan ion klorida akan bereaksi dengan logam yang bisa menimbulkan produk korosi di ruang bakar maupun pada sistem bahan bakar. Pengujian ini menggunakan instrumen *Spektrofotometer* dengan hasil yaitu 3,55 mg/l.

- Kandungan Belerang

Apabila kandungan sulfur dalam bahan bakar tinggi maka akan terjadi kerusakan dikarenakan terbentuknya lapisan kerak pada ruang bakar, intake *manifold*, tangki bahan bakar, dan pipa pembuangan (knalpot). Pengujian menggunakan instrumen *Spectrometry*. Pada tabel 5 dapat di analisis bahwa nilai kadar belerang bioetanol limbah brem adalah 21,4 mg/l.

- Kadar Getah Purwa

Pengaruhnya terhadap pembakaran adalah kandungan getah pada bahan bakar akan menjadi deposit dan menempel pada ruang bakar setelah terjadi pembakaran dan berakibat naiknya nilai kompresi pada ruang bakar. Pengujian kadar getah purwa menggunakan instrumen *Jet Evaporation*. Pada tabel 5 menunjukkan kadar getah (gum), bioetanol limbah brem yaitu 1,10 mg/100ml.

- Nilai Kalor (*Heating Value*)

*Heating value* bahan bakar menentukan jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Semakin tinggi *heating value* bahan bakar tersebut menunjukkan bahwa semakin sedikit pemakaian bahan bakar. Pengujian menggunakan instrumen *Bomb Calorimeter*. Pada tabel 5 menunjukkan bahwa *heating value* pada bioetanol limbah brem menghasilkan nilai sebesar 6395,50 kkal/kg.

- Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala (*flash point*) adalah temperatur terendah dari suatu bahan bakar untuk dapat diubah bentuk menjadi uap dan akan menyala jika tersentuh api (menyala sekejap). Pengujian menggunakan instrumen *Line High Term* UKM-135. Pada tabel 6 menunjukkan *flash point* pada bioetanol limbah brem sedikit lebih rendah dari bioetanol murni yaitu 20,90°C sedangkan untuk bioetanol murni adalah 21,11°C. Hal tersebut dapat membuktikan bahwa bioetanol limbah brem akan lebih mudah terbakar jika dibandingkan dengan bioetanol murni.

- Titik Tuang

Pengujian menggunakan instrumen *Refrigerator* SR-N21H. Titik tuang menunjukkan suhu dimana bahan bakar masih dapat dipompa atau mengalir apabila didinginkan pada suhu tertentu. Hasil

pengujian menunjukkan bahwa nilai titik tuang bioetanol limbah brem yaitu -39,50°C.

- Densitas

Densitas adalah suatu perbandingan berat dari bahan bakar minyak dengan berat air dalam volume yang sama, dengan suhu yang sama. Pengujian menggunakan instrumen piknometer di peroleh hasil sebesar 0,796 g/cm<sup>3</sup>.

- Viskositas

Cara mengukur viskositas dengan cara menghitung lama waktu mengalirnya suatu minyak yang banyaknya telah ditentukan melalui lubang *viscometer*. Pengujian viskositas dilakukan di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya menggunakan instrumen *Viscometry*. Pada tabel 6 viskositas dari bioetanol limbah brem adalah 1,16 CP pada suhu 20°C.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari penelitian produksi bioetanol dari limbah brem sebagai bahan bakar alternatif menggunakan bahan baku ampas brem ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Keberhasilan alat distilasi condensor liebig menggunakan adsorben mesh 70 dapat menghasilkan kadar etanol yang melebihi standar. Kadar etanol limbah brem pada distilasi ketiga dengan kadar awal 47% menjadi 88% (mesh 70), 85% (mesh 80), dan 82% (mesh 90). Saat distilasi menggunakan mesh 80 dan 90 mengalami kebocoran pada alat. Pada distilasi keempat dilakukan menggunakan adsorben mesh 70 mampu mendapatkan kadar bioetanol limbah brem mencapai 99,62% dan memenuhi standar Dirjen EBTKE No. 722 K/10/DJE/2013.
- % Yield pada tiap proses distilasi yaitu distilasi kedua 78,33%, distilasi ketiga 74,89% (mesh 70), 72,34% (mesh 80), 61,06% (mesh 90), dan distilasi keempat 77,36% (mesh 70).
- Untuk menghasilkan 1 liter bioetanol limbah brem dengan kadar 99,62% dibutuhkan bahan baku limbah brem sebanyak 10 kg. Jadi 1 kg limbah brem dapat menghasilkan sekitar 100 ml bioetanol limbah brem kadar 99,62%.
- Hasil pengujian karakteristik dari bioetanol berbahan baku limbah brem ini adalah, kadar 99,62% bioetanol, 0,31% metanol, 0,36% air, 6,15% denaturan benzoat, 0,03 mg/l tembaga, 11,50 mg/l asam asetat, tampakan jernih tak berwarna, 3,55 mg/l ion klorida, 21,4 mg/l belerang, titik nyala 20,90°C, titik tuang -38,50°C, nilai kalor 6395,50 kkal/kg, densitas 0,796 g/cm<sup>3</sup>, viskositas 1,16 CP. Terdapat 1 karakteristik yang sedikit melebihi standar yaitu

densitas. Dan karakteristik lainnya telah memenuhi standar Keputusan Direktorat Jenderal EBTKE Nomor 722K/10/DJE/2013.

### Saran

Bedasarkan hasil penelitian dapat disampaikan beberapa saran adalah sebagai berikut:

- Limbah brem yang digunakan sebaiknya jangan disimpan terlalu lama agar hasil etanol yang didapat bisa lebih baik. Karena jika disimpan terlalu lama, limbah brem juga akan berjamur.
- Pada proses distilasi perlu diperhatikan bahwa tidak ada celah agar mengurangi tingkat kebocoran. Karena jika terjadi kebocoran maka uap bioetanol akan keluar melewati celah-celah sehingga mengakibatkan banyak lossis. Biasanya kebocoran terjadi pada sambungan bend connector dan condensor liebig.
- Pada saat proses penyaringan batu zeolit, perlu dilakukan bertingkat dan berulang kali agar ukuran mesh yang didapat sesuai dan mesh yang lebih kecil tidak ikut tercampur.
- Pada saat distilasi menggunakan plate distillation perlu dilakukan pembersihan terlebih dahulu supaya kerak dan kotoran yang ada di dalam plate distillation hilang sehingga etanol tetap bersih.
- Perlu dilakukan desain ulang pada alat distilasi ukuran besar karena masih belum ada penempatan adsorben didalam plate distillation mengakibatkan bioetanol sulit untuk menaikkan kadarnya.
- Apabila dilakukan penelitian lanjutan, gunakan adsorben dengan mesh yang tidak lebih halus dari mesh 80 karena semakin halus mesh yg digunakan akan semakin banyak losis.
- Sebaiknya filter crucible selalu dibersihkan atau dicuci setelah dipakai distilasi supaya sisa batu zeolit tidak melekat pada filter sehingga mengakibatkan filter tersumbat.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin sekaligus Ketua Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Surabaya, Dr. Drs. Muhaji, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, Prof. Dr. Ir. I Wayan Susila, M.T. selaku dosen penguji 1, Dr. Mohammad Effendy, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2, teman-teman PTM 2017 serta rekan-rekan Lab. Bahan Bakar dan Pelumas yang sudah memberikan semangat dan motivasi.

### DAFTAR PUSTAKA

Akimkhan, A. M. 2012. Structural and Ion-Exchange Properties of Natural Zeolite. Lisence in tech.

- Amrulloh, Hanif. 2014. Sintesis Zeolit Berbasis Silika Sekam Padi dengan Metode Elektrokimia sebagai Adsorben Rhodamin B. Skripsi tidak diterbitkan. Lampung: Fakultas MIPA, Universitas Negeri Lampung.
- Anonymous. 2018. Mengurangi Ketergantungan Energi Fosil pada Sektor Transportasi, (Online), (<http://www.google.com/amp/s/nasional.tempo.co/amp/1148468/mengurangi-ketergantungan-energi-fosil-pada-sektor-transportasi>, diakses tanggal 31 Maret 2020).
- Arlianti, Lily. 2018. Bioetanol Sebagai Sumber Green Energy Alternatif Yang Potensial Di Indonesia. 5(1). Hal. 16–22.
- Breck, D. W. 1974. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use. London: John Wiley and Sons. Hal. 4.
- Djajati, S., Jariyah., & Mawarti, T. I. 2013. Pembuatan Brem Padat dengan Substitusi Filtrat Tape Umbi Talas. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Farhan, Halim. 2019. Pemanfaatan Ampas Tebu (Bagasse) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Bioetanol Dengan Metode Distilasi Menggunakan Batu Kapur Mesh 80 Dengan Variasi Berat Dan Suhu Pemanasan Batu Kapur. 7(2). Hal. 83-88.
- Georgiev, D., B. Bogdanov., K. Angelova., I. Markovska., & Y. Hristov. 2009. Synthetic Zeolites-Structure, Clasification, Current Trends in Zeolite Synthesis. Bulgaria: International Science Conference. Stara Zagora.
- Indra, & Laily. 2016. Peneliti: Energi Fosil akan Habis 2050,(Online),(<https://m.antaranews.com/berita/545481/peneliti-energi-fosil-akan-habis-2050>, diakses tanggal 31 Maret 2020).
- Lestari, D. Y. 2010. Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai Negara. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.
- Meyrinta, Kiky Agriliani, dkk. 2018. Pembuatan Bioetanol Dari Jerami Nangka Dengan Metode Fermentasi Menggunakan Saccharomyces Cereviseae. 7(1). Hal. 32–38.
- Mockova'ikova', A., M. Matik., Z. Orol'nova', P. Hudec., & E. Kmecova. 2007. Structural characteristics of modified natural zeolite. J. Porous Mater.
- Purwasih, Ratih. 2017. Pemanfaatan Limbah Pabrik Brem sebagai Bahan Baku Bioetanol untuk Bahan Bakar Alternatif. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Scott, M. A., A. C. Kathleen., & K. D. Prabir. 2003. Handbook of Zeolite Science and Technology. Marcel Dekker, Inc.
- Subagio. 1993. Zeolit: Struktur dan Sifat-sifat. Warta Insinyur Kimia 3(7).